

Association de Science Régionale De Langue Française



## MODÈLE DE MORPHOGÉNÈSE URBAINE: SIMULATION D'ESPACES QUALITATIVEMENT DIFFÉRENCIÉS DANS LE CADRE DU MODÈLE DE L'ÉCONOMIE URBAINE

**BONIN Olivier**

Université Paris Est – IFSTTAR – LVMT  
Marne-la-Vallée  
[olivier.bonin@ifsttar.fr](mailto:olivier.bonin@ifsttar.fr)

**HUBERT Jean-Paul**

Université Paris Est – IFSTTAR – DEST  
Marne-la-Vallée  
[jean-paul.hubert@ifsttar.fr](mailto:jean-paul.hubert@ifsttar.fr)

**Résumé :** (arial 11, italique) *Faire figurer ici un résumé court, 10 lignes maxi.*

*Nous présentons un nouveau modèle de morphogénèse urbaine en schématisant la théorie de la forme urbaine de Ritchot dans le cadre du modèle d'Alonso-Mills-Muth. Ce modèle permet d'obtenir, par simulation, des espaces urbains qualitativement différenciés, des formes urbaines cohérentes avec des villes réelles et répondant correctement aux chocs de ses paramètres. Fondamentalement, ce modèle permet de questionner le rapport entre économie et politique dans la fabrique des formes urbaines.*

**Mots clés :** choix de localisation, forme urbaine, modélisation, morphogénèse urbaine

**Classification :** JEL R23, R31, C63

## **MODÈLE DE MORPHOGÉNÈSE URBAINE: SIMULATION D'ESPACES QUALITATIVEMENT DIFFÉRENCIÉS DANS LE CADRE DU MODÈLE DE L'ÉCONOMIE URBAINE**

### **1 INTRODUCTION**

Le modèle canonique de l'économie urbaine dû à ALONSO (1964), MILLS (1967) et MUTH (1969) a servi de base à de nombreux travaux qui se sont attachés à l'étendre en relâchant un certain nombre de ses hypothèses. Les extensions les plus notables remettent en cause l'hypothèse de l'unicité d'un point central d'attraction concentrant tout l'emploi de la ville, appelé central business district (CBD), en supposant l'existence de plusieurs CBD (OGAWA et FUJITA, 1980, ANAS et KIM, 1996, WHEATON, 2004), ou encore en prenant en compte des centres commerciaux hors du CBD (LAI et TSAI, 2008).

Le modèle d'ALONSO, MILLS et MUTH, souvent appelé modèle monocentrique en référence au CBD, permet d'expliquer de manière globale les gradients de prix observés dans les villes et les choix de localisation des ménages, mais les études économétriques (par exemple AHLFELDT, 2008) mettent en évidence que l'impact réel de l'accessibilité sur les prix est plus faible que ne le laisserait supposer ce modèle. En outre, lorsqu'on met en œuvre le modèle avec deux catégories de population de revenus différents, on observe une répartition des habitants conforme au modèle dominant aux Etats-Unis mais en désaccord avec celui des villes européennes : les pauvres se localisent au centre, et les riches en périphérie, ce qui s'explique par le fait que le coût de la mobilité pèse moins aux riches qu'aux pauvres.

BRUECKNER, THISSE et ZENOU (1999) ont proposé d'introduire des aménités positives ou négatives, exogènes ou endogènes, dans le cadre du modèle canonique de l'économie urbaine, pour résoudre le paradoxe apparent des villes européennes. Cette approche fructueuse laisse toutefois deux questions ouvertes : quelles aménités faut-il prendre en compte, et quels sont les mécanismes de création de ces aménités ?

Par ailleurs, le modèle monocentrique à plusieurs classes de revenus conduit à des ségrégations très importantes des classes de revenus, rejoignant ainsi le modèle de ségrégation proposé par SCHELLING (1978) qui peut s'interpréter en termes économiques comme la prise en compte d'une utilité pour les membres d'une classe de revenus à résider au milieu de gens de la même classe. Or, la construction sociale des quartiers est autant architecturale que socioculturelle (KAMMERER et VITOUX, 2004) ; elle évolue lentement et tend à perdurer dans le temps. Par ailleurs, la ségrégation n'est jamais totale : on peut penser à la présence de concierges dans les beaux quartiers comme exemple de mixité entretenue.

Nous proposons dans cet article une réponse à ces questions par l'intermédiaire d'une nouvelle adaptation du modèle canonique de l'économie urbaine. Pour ce faire, nous y introduisons une schématisation du modèle théorique de géographie humaine mis au point par Gilles RITCHOT depuis les années 1970 et connu sous le nom de *théorie de la forme urbaine* (voir entre autres RITCHOT, 1977 pour l'article fondateur et DESMARAIS et RITCHOT, 2000 pour une synthèse de cette approche). Cette schématisation permet de rompre l'anisotropie du modèle monocentrique (qui est totale, à l'exception du CBD et des lieux de localisation des aménités) en introduisant un mécanisme de différenciation qualitative des positions spatiales qui agit au fur et à mesure des migrations résidentielles dans la ville.

Nous obtenons ainsi un modèle dynamique de morphogénèse urbaine, comportant une dimension économique régie par les équations du modèle canonique, et une dimension à la fois abstraite et concrète décrivant le mécanisme de formation et d'évolution d'aménités

spatiales aussi bien concrètes (qualité architecturale, monuments, présence de commerces et de services, etc.) qu'abstraites (réputation du quartier, composition socioéconomique du voisinage, héritage historique, etc.).

Ce modèle est implanté dans la plateforme de simulation NetLogo (WILENSKY, 1999) et permet de simuler des formes urbaines ayant des propriétés observées sur un certain nombre de villes européennes, tant sur le plan des gradients de prix et de valeurs que sur la répartition spatiale des habitants.

## **2 MODELE DE MORPHOGENESE URBAINE**

### **2.1 Théorie de la forme urbaine de Ritchot**

Gilles RITCHOT développe dans ses travaux en géographie humaine depuis les années 1970 une approche extrêmement originale en partant du constat que la focalisation d'une population vers une ville répond à un projet politique tout autant qu'à un projet économique. Si, dans une lecture économique, la création d'une ville correspond à l'émergence d'une place de marché permettant une meilleure exploitation des ressources naturelles, elle a pour RITCHOT une dimension avant tout politique, puisqu'il remarque que cette focalisation présuppose à proximité l'investissement de valeurs symboliques dans un lieu vide, qu'il désigne par le terme de *vacuum*. Ce vacuum possède un caractère à la fois attractif, puisque l'établissement se fait dans son voisinage, et répulsif puisque c'est un lieu sacré interdit de résidence afin d'en maintenir la valeur symbolique.

Pour RITCHOT, l'accès à la nature, donc aux positions spatiales, est politiquement régulé. Dans ses trajectoires résidentielles, un sujet peut avoir ou non le contrôle de sa mobilité (on dira que la trajectoire est *endorégulée* ou *exorégulée*), et les trajectoires peuvent être polarisantes ou diffusantes. RITCHOT distingue ainsi quatre classes fondamentales de trajectoires qui modifient une valeur attachée aux positions spatiales, et produisent ainsi une différenciation qualitative de l'espace : le rassemblement (polarisation endorégulée), la concentration (polarisation exorégulée), l'évasion (la diffusion endorégulée) et la dispersion (diffusion exorégulée). Le rassemblement est associé aux quartiers centraux historiques ainsi qu'aux beaux quartiers, l'évasion aux banlieues résidentielles huppées ou aux lieux de villégiature, la concentration aux quartiers ouvriers, grands ensembles ou à certaines banlieues, et enfin la dispersion au rural et à une certaine forme de périurbain.

La focalisation des trajectoires à proximité d'un vacuum correspond au projet politique de faire émerger une ville ; cette ville aura ensuite un projet économique d'exploiter des ressources. Les positions qualitativement différenciées sont donc occupées et valorisées diversement selon la qualité architecturale des bâtiments, les services et commerces associés, et naturellement la position spatiale dans le marché, dont en premier lieu l'accessibilité à l'emploi.

L'originalité de l'approche de RITCHOT est d'inverser le rapport entre économie et politique : le niveau politique n'est pas un simple régulateur d'éventuelles défaillances de marché ou de conflits pour accéder aux localisations spatiales, mais contribue à produire une catégorisation abstraite de l'espace. Les positions qualitativement différenciées engendrées par les conflits pour le contrôle de la mobilité constituent une catégorisation stable de l'espace en domaines vides valorisés (HUBERT, 1993). On obtient ainsi deux formes urbaines qui coexistent : une forme urbaine abstraite, et une forme urbaine concrète qui reflète l'évolution du bâti et des réseaux, les choix de localisation et enfin les flux de personnes et de marchandises.

### **2.2 Schématisation de la théorie de la forme urbaine et lien avec le modèle monocentrique**

Nous introduisons deux niveaux dans notre modèle : le niveau concret des occupations des positions spatiales, et le niveau abstrait de la différenciation qualitative des positions spatiales. Le niveau concret correspond à ce qui est décrit par le modèle monocentrique, et

le niveau abstrait à ce qui est décrit par le modèle de RITCHOT. Les deux niveaux interagissent dans les deux sens : le niveau abstrait est utilisé dans l'évaluation de l'utilité des agents, et les choix de localisation successifs des agents modifient le niveau abstrait.

### 2.2.1 Niveau concret des occupations spatiales

Le niveau concret de notre modèle est composé d'agents, qui, pour se localiser, maximisent leur utilité sous contrainte de revenu. Nous introduisons deux catégories d'agents économiques : une *population*, et des *emplois*.

Conformément à l'approche classique en économie urbaine, la fonction d'utilité des agents de la population prend en compte la surface de logement occupé et le revenu disponible après avoir payé le loyer du logement et effectué un aller retour pour un des CBDs. Chaque agent possède un revenu qui lui est propre ; pour plus de simplicité dans cet article nous considérons deux catégories de revenu : les *riches* et les *pauvres*, les *riches* ayant un revenu quadruple de celui des *pauvres*.

Les emplois peuvent être exogènes dans le modèle, ou encore posséder des stratégies de localisation qui leur sont propres. Nous ne désignons par emploi que ceux qui provoquent des flux importants de trajets domicile-travail, donc ceux associés à des CBDs. L'emploi diffus et les commerces ne sont pas explicitement modélisés ; nous verrons toutefois qu'ils sont pris en compte indirectement dans le modèle, par l'intermédiaire du niveau abstrait. Nous distinguons toutefois l'emploi primaire et secondaire, que nous désignons par *usine*, de l'emploi tertiaire que nous désignons par *service*. En effet, les stratégies de localisation de ces deux types d'emploi, ainsi que les aménités qui leurs sont associées peuvent être très différentes. Typiquement, une *usine* produira des nuisances dans son voisinage, tandis qu'un *service* contribuera à la dynamisation d'un quartier résidentiel.

Les agents se localisent dans des cellules formant une partition de l'espace. Chaque cellule possède une surface de logement disponible, et un prix au m<sup>2</sup> pour ces logements. Les surfaces totales de logement de chaque cellule sont prédéterminées : il n'y a pas de construction dans le modèle pour le moment. Elles correspondent en fait plus à une surface constructible qu'à une surface réellement construite, donc à un coefficient d'occupation des sols. Le loyer que les résidents d'une cellule paient dépend de la surface de logement occupée et du prix de la cellule. Lorsque les emplois se localisent de manière endogène, ils prennent en compte les prix du marché résidentiel : il n'existe pas de marché spécifique aux localisations professionnelles, et les emplois ne participent pas aux enchères des résidents.

Nous introduisons la possibilité pour les *riches* d'effectuer des anticipations rationnelles, en investissant de nouveaux quartiers lorsque la population est en expansion et les localisations associées aux utilités les plus élevées sont saturées ; ce mécanisme correspond à un comportement de pionnier, ou l'agent effectue ce choix de localisation en pariant sur les valeurs futures de son logement. C'est le mécanisme qui permet l'apparition de banlieues huppées relativement loin du centre. Enfin, les agents valorisent dans leurs fonctions d'utilité la valeur positionnelle déterminée dans le niveau abstrait, ce qui produit le premier bouclage entre ce niveau concret et le niveau abstrait.

### 2.2.2 Niveau abstrait des différenciations qualitatives des positions spatiales

Le niveau abstrait du modèle est une application directe de la théorie de la forme urbaine de RITCHOT : les positions spatiales où aboutissent les trajectoires résidentielles voient leur valeurs modifiées selon que ces trajectoires sont endorégulées ou exorégulées, et polarisantes ou diffusantes. Concrètement, nous introduisons une grandeur appelée *valeur positionnelle*, qui évolue au fur et à mesure des migrations successives. Pour traduire les propriétés d'endorégulation et d'exorégulation, ainsi que de polarisation ou de diffusion, nous introduisons un deuxième type d'hétérogénéité dans notre population : un individu peut contribuer plus ou moins à ériger la couche de valeur positionnelle, et même l'éroder. Nous introduisons toujours pour des raisons de simplicité seulement deux classes : ceux très sensibles à la valeur, et ceux peu sensibles à la valeur (ce qui correspond à des fonctions

d'utilité différemment paramétrées). Ainsi, nous avons en tout quatre populations : une population de *riches-val*, de *riches*, de *pauvres-val* et de *pauvres*.

Les *riches-val* sont des riches sensibles à la valeur ; ils vont donc vouloir contribuer à augmenter cette valeur positionnelle, à la fois par des actions tangibles (bâtiments de grande qualité architecturale, travaux d'embellissement, aménités culturelles et sportives, qualité paysagère, etc.) que leur richesse leur permet d'entreprendre, et par des actions intangibles (investissement dans la vie politique, associative, culturelle, dans les écoles, etc.). Les *riches* sont sensibles à la valeur, mais veilleront simplement à ne pas la voir diminuer en entretenant leur patrimoine architectural. Les *pauvres-val* sont très sensibles à la valeur, malgré leur plus faible revenu. Ce sont généralement des populations intermédiaires (artisans, enseignants, professions libérales, professionnels de la santé, etc.) qui produisent beaucoup de valeur concrète par les services qu'ils offrent, ainsi qu'en améliorant leur habitat. Ils augmenteront donc la valeur positionnelle de manière importante, mais moins toutefois que les *riches-val* étant donnée la modestie de leurs ressources financières. C'est ce mécanisme qui nous permet de ne pas modéliser explicitement les commerces et l'emploi diffus. Enfin, les *pauvres* sont une catégorie qui sera incapable financièrement de construire des bâtiments de qualité architecturale élevée, et souvent sera même incapable d'empêcher une dégradation de la qualité de leur habitat. Les *pauvres* auront donc tendance à éroder la valeur positionnelle. Notons que cette situation conduit souvent le pouvoir à proposer à cette population un habitat détaché du marché (les logements sociaux), sur lequel les habitants perdent tout pouvoir de valorisation abstraite.

Un autre mécanisme est introduit dans le modèle : le pouvoir politique peut choisir de stabiliser une localisation où la valeur positionnelle est en pleine expansion par l'intermédiaire d'une action ayant une dimension patrimoniale forte, que nous assimilons à l'érection d'un *monument* (une église, un arc de triomphe, une place, un bâtiment emblématique, etc.). Les choix de localisation opérés sur la forme concrète, en localisant d'abord les *riches* puis les *pauvres*, de manière à ce que les trajectoires des *riches* exorégulent celles des *pauvres*, modifient ainsi la forme abstraite : c'est le deuxième bouclage entre niveau concret et niveau abstrait.

### **2.3 Lien entre forme urbaine abstraite et aménités**

Le niveau abstrait du modèle contient une valeur positionnelle attachée aux localisations qui constitue en quelque sorte une synthèse d'un ensemble d'aménités, puisque cette valeur positionnelle est liée à la construction de valeurs concrètes et abstraites lors des migrations résidentielles successives. L'originalité de cette valeur positionnelle est double. Premièrement, elle se construit progressivement au cours du temps, transformant notre modèle en un modèle dynamique. Deuxièmement, elle synthétise aussi bien des aménités concrètes (qualité architecturale, présence d'équipements remarquables) qu'abstraites (niveau des écoles, réputation du quartier, composition sociospatiale du voisinage). Enfin, sa construction précède les choix de localisation, si bien que conformément au modèle de RITCHOT, la dimension politique précède la dimension économique.

### **2.4 Lien entre théorie de la forme urbaine et modèle de ségrégation**

Notre modèle simule des mécanismes de ségrégation sociospatiale, puisque des migrations résidentielles successives de *riches-val*, de *riches* et de *pauvres-val* vont créer une valeur positionnelle très élevée, et que cette valeur positionnelle impactera de manière importante la fonction d'utilité des *riches-val* qui cherchent à se localiser et dont les trajectoires exorégulent celles des autres populations. Cependant, tandis que l'approche de SCHELLING conduit à supposer que les *riches* tirent une utilité de vivre au milieu des *riches*, notre approche peut s'interpréter en considérant que les *riches* tirent une utilité de vivre dans les quartiers qui ont été habités par le passé par des populations créant de la valeur, donc des *riches-val* et des *riches* mais aussi des *pauvres-val*. Nous intégrons une dimension historique dans les choix de localisation qui permet d'obtenir des schémas de ségrégation tout en préservant une certaine mixité sociale.

### 3 EQUATIONS DU MODELE ET RESOLUTION NUMERIQUE

Nous nous plaçons dans le cadre bien connu du modèle canonique de l'économie urbaine, avec le choix standard d'une fonction d'utilité de type Cobb-Douglas. Nous écrivons ici le modèle pour un actif seul, mais il s'étend simplement au cas des ménages biactifs puisque nous adoptons un cadre de résolution numérique des équations.

#### 3.1.1 Couplage du niveau abstrait et du niveau concret

Le modèle monocentrique prend en compte uniquement la dimension économique, donc permet de décrire le comportement des agents et la formation du niveau concret des occupations spatiales. Nous le couplons de manière très simple avec le niveau abstrait en remarquant qu'un actif disposant d'un revenu moyen dans une ville aura le choix entre un petit appartement en centre ville, un appartement plus grand en proche banlieue, et un appartement très grand ou une maison en banlieue lointaine. Le choix entre ces trois localisations dépend de la sensibilité de l'individu à la valeur positionnelle du niveau abstrait, que nous choisissons de traduire sous la forme d'une surface perçue qui vient s'ajouter ou se retrancher à la surface réelle occupée.

En effet, dans le cas d'une localisation associée à une forte valeur positionnelle, généralement centrale ou dans une banlieue huppée, la présence d'un plus grand nombre d'aménités, associée à un mode de vie généralement plus urbain et la présence d'un important réseau social permet d'organiser son mode de vie dans une plus petite surface sans qu'il y ait perte d'utilité par rapport à une localisation dans une banlieue proche. A l'inverse, une localisation dans une banlieue plus lointaine provoquera des besoins d'espace plus important pour compenser une moindre attractivité à sortir dans son quartier, profiter d'aménités culturelles ou commerciales.

#### 3.1.2 Fonction d'utilité des ménages

Notons  $U$  l'utilité d'un ménage,  $q$  la surface du logement occupé,  $Y$  le revenu du ménage,  $R(r)$  le prix du logement au  $m^2$  à la position  $r$  dans l'espace,  $T(r)$  le coût d'un aller retour vers le lieu de travail, et enfin  $Z$  le revenu disponible pour des consommations autres que logement et transport.

Le supplément de surface perçu (éventuellement négatif) lorsque le logement est situé en  $r$  est noté  $x(r)$ . Nous adoptons comme fonction d'utilité une fonction de COBB-DOUGLAS, qui présente l'avantage d'assurer qu'une fraction constante du revenu est affectée à la dépense de logement, ce qu'on observe réellement dans la pratique : DAVIS et ORTALO-MAGNE (2009) estiment cette part autour de 25% pour les Etats-Unis ; en France elle généralement inférieure à 1/3 du revenu étant donnée la politique des banques et des agences immobilières.

La fonction d'utilité prend en compte simultanément les prix, la position dans l'espace, et la valeur positionnelle :

$$U = Z^\alpha (q + \beta x(r))^{(1-\alpha)}$$

avec  $\alpha \approx 0,75$ ,  $\beta$  sensibilité du ménage à la qualité et  $Z = Y - T(r) - qR(r)$ .

Le paramètre  $Y$  est celui qui permet de distinguer les *riches* (et *riches-val*) des *pauvres* (et *pauvres-val*), et le paramètre  $\beta$  celui qui permet de distinguer les *riches* des *riches-val* et les *pauvres* des *pauvres-val*.

On obtient alors que la surface optimale consommée par le ménage à la position  $r$  est :

$$q = (1 - \alpha) \frac{Y - T(r)}{R(r)} - \alpha \beta x(r),$$

et que le revenu restant vaut :

$$Z = \alpha(Y - T(r) + R(r)\beta x(r))$$

donc que l'utilité optimale du ménage vaut :

$$U = [\alpha(Y - T(r) + R(r)\beta x(r))]^\alpha \left[ (1 - \alpha) \left( \frac{Y - T(r)}{R(r)} + \beta x(r) \right) \right]^{1-\alpha}.$$

L'interprétation de cette fonction d'utilité intégrant une surface perçue en plus ou en moins de la surface occupée est la suivante : les ménages peuvent pour un logement de qualité associée à une surface « fictive » perçue  $x$  diminuer leur surface de  $\alpha\beta x(r)$  en en tirant la même utilité (et en augmentant leur revenu restant de  $\alpha R(r)\beta x(r)$ ).

### 3.1.3 Fonction d'utilité des firmes

Dans le modèle, lorsque nous rendons leurs choix de localisation endogènes, les firmes ont une stratégie de localisation qui dépend du prix du foncier et de l'immobilier, et de la population présente dans un voisinage susceptible de venir travailler dans l'établissement, ainsi que la présence d'autres firmes à proximité. Les *usines* seront sensibles principalement au coût du foncier, tandis que les *services* seront sensibles aux bassins de population susceptibles de venir travailler dans leurs établissements.

Cette stratégie de localisation est naturellement trop caricaturale pour être pertinente d'un point de vue économique ; nous l'avons introduite uniquement pour automatiser le plus possible les relocalisations successives que les firmes connaissent lors d'une période relativement longue de développement urbain. Dans l'optique de l'application à un territoire réelle, il serait indispensable de développer des stratégies de localisation des emplois adaptés à la situation économique du territoire.

## 4 EXEMPLE DE SIMULATION

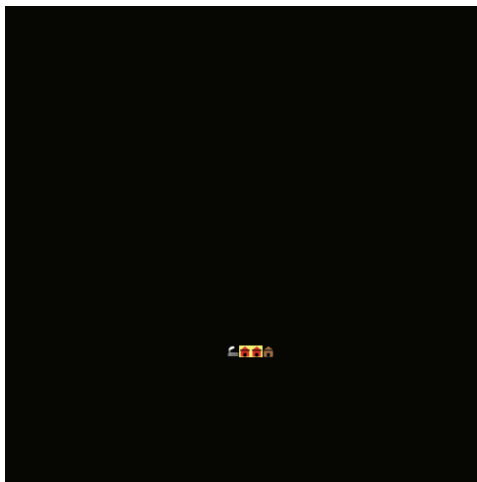
Nous présentons une application du modèle à la morphogénèse de deux villes fictives, ou archétypes de villes, à partir d'un même noyau minimal.

La ville simulée est occupée par une population dont 1/3 a un revenu quatre fois plus important que les 2/3 restant. Parmi les riches, la moitié est composée de *riches* et l'autre moitié de *riches-val*, et parmi les pauvres un quart sont des *pauvres-val* et les trois-quarts des *pauvres*. Ce qui distingue les deux villes est la nature de l'emploi ; dans le premier cas il s'agit d'une ville comportant 4 usines et 16 services, et dans le deuxième cas une ville comportant une seule usine et également 16 services. Le premier scénario est donc associé à un emploi industriel marquant le territoire par une érosion de la valeur positionnelle là où les usines sont installées, tandis que le deuxième scénario est associé uniquement à des emplois de service ayant un léger effet positif sur cette valeur positionnelle. Dans les deux scénarios de morphogénèse, les habitants et les emplois se localisent progressivement au cours du temps, simulant ainsi une phase de croissance urbaine, puis ne se relocalisent pas.

Le modèle est implanté dans la plateforme NetLogo (WILENSKY, 1999). Il produit comme résultats une carte des valeurs positionnelles (dans une gamme de jaune, du noir pour la valeur minimale au blanc pour la valeur maximale), de prix (dans une gamme de rouge), et représente la localisation des quatre catégories de population considérées (pictogrammes figurant un personnage), des *usines* (pictogramme figurant une usine), des *services* (pictogramme figurant un bâtiment ocre), et enfin des *monuments* (pictogramme figurant un bâtiment rouge).

L'initialisation du modèle se fait à partir d'un noyau urbain minimal : un *monument*, entouré de *services* et d'une *usine* (Figure 1).

*Figure 1 : Noyau urbain utilisé pour amorcer les simulations ; deux monuments (bâtiments rouge, figurant le centre historique) est encadré d'une usine à gauche et de services à droite.*

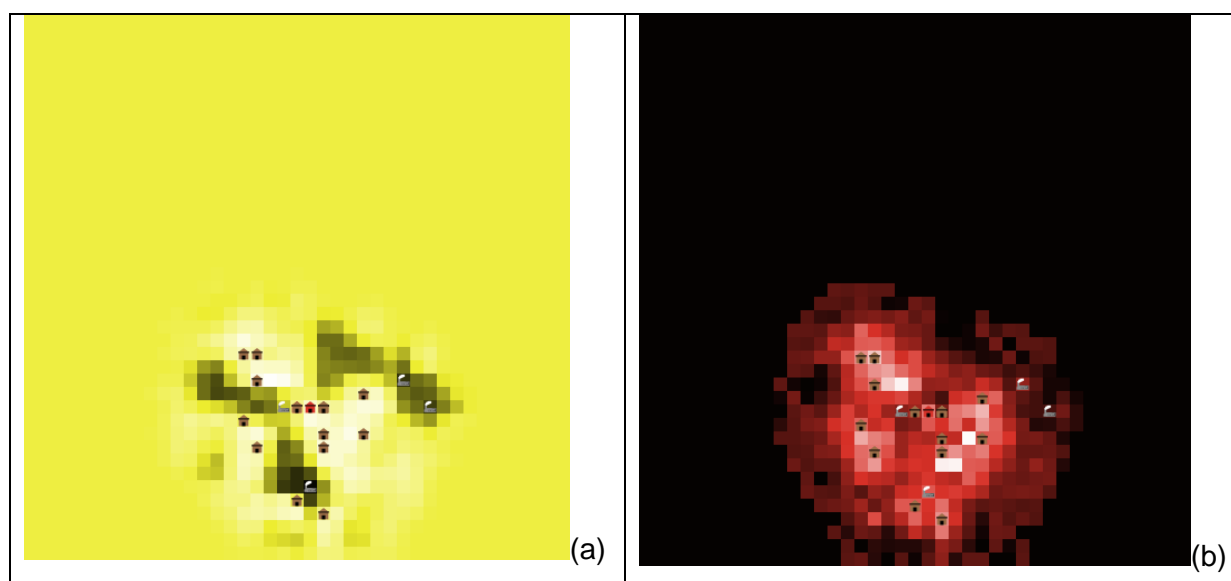


Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo

Le fond représente la valeur positionnelle : elle est uniforme partout, sauf à l'emplacement du centre historique, situé à proximité du vacuum qui n'est pas représenté ici.

La première simulation est celle avec des *usines* et des *services*, et quatre fois plus de *services* que d'*usines*. On obtient à l'issue de la phase de croissance urbaine un espace différencié qualitativement par sa valeur positionnelle (Figure 2a), et un gradient de prix typique du modèle monocentrique quoique anisotrope (Figure 2b).

*Figure 2 : Valeurs positionnelles (a) et prix (b), correspondant aux niveaux abstrait et concret, simulés par le modèle à partir du noyau de la Figure 1 dans une ville comportant des usines et des services*



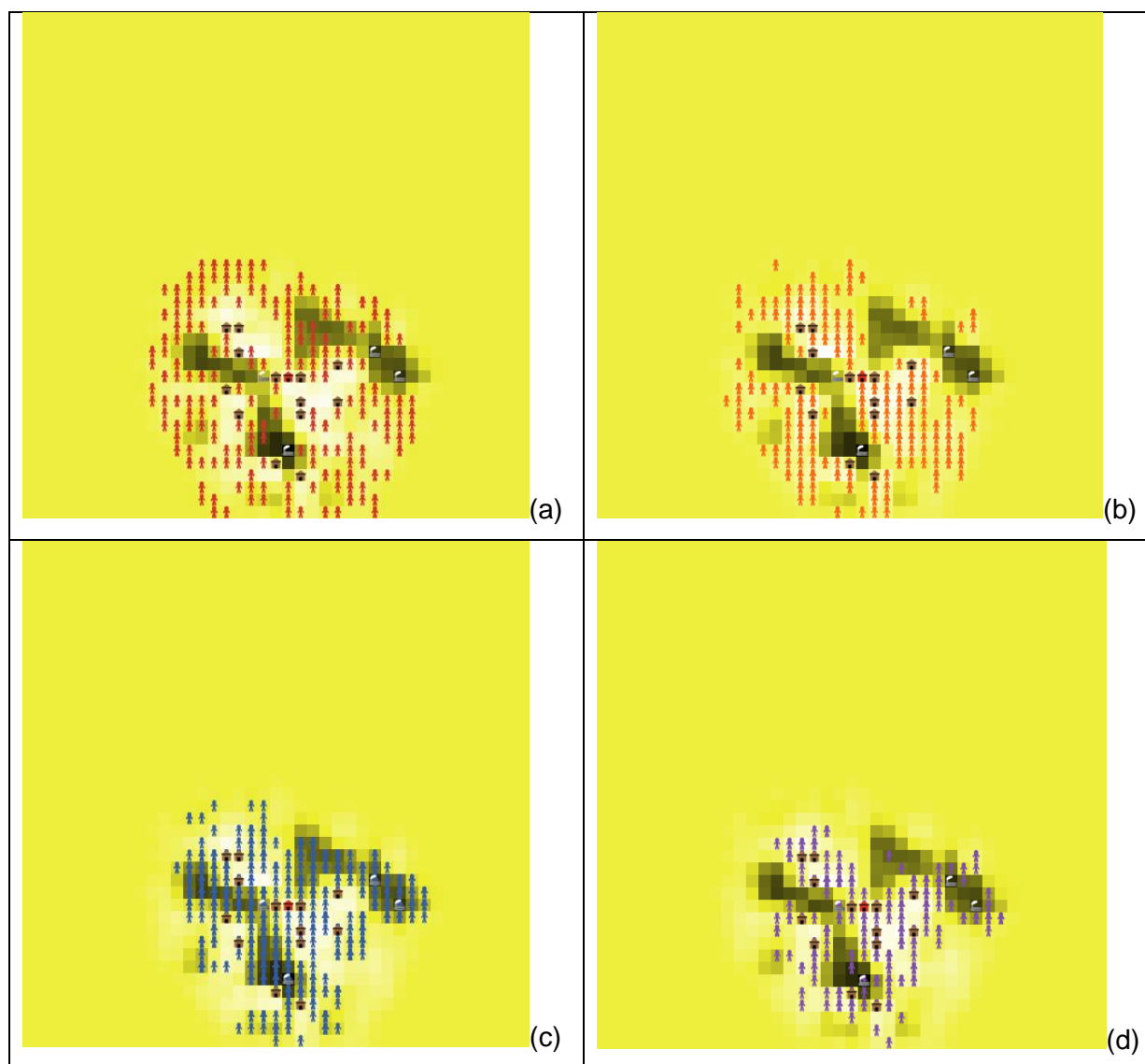
Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo



La différenciation qualitative des positions spatiales simulées forme un point selle, avec un centre historique investi de valeurs positionnelles élevées connecté à deux nouveaux quartiers au NO et au SE qui correspondent à des beaux quartiers, et des zones industrielles aux NE et aux SE. Les zones d'emplois tertiaires correspondent aux localisations valorisées. Le gradient des prix met en évidence le fait que les beaux quartiers, en particulier celui du SE, ont atteint des niveaux de prix supérieurs à celui du centre historique.

La localisation des quatre classes de population est représentée en Figure 3. Elle fait apparaître les liens attendus entre choix de localisation et valeur positionnelle.

*Figure 3 : Localisation des quatre classes de population, représentées sur la carte des valeurs positionnelles : riches (a), riches-val (b), pauvres (c) et pauvres-val (d) dans une ville comportant des usines et des services*



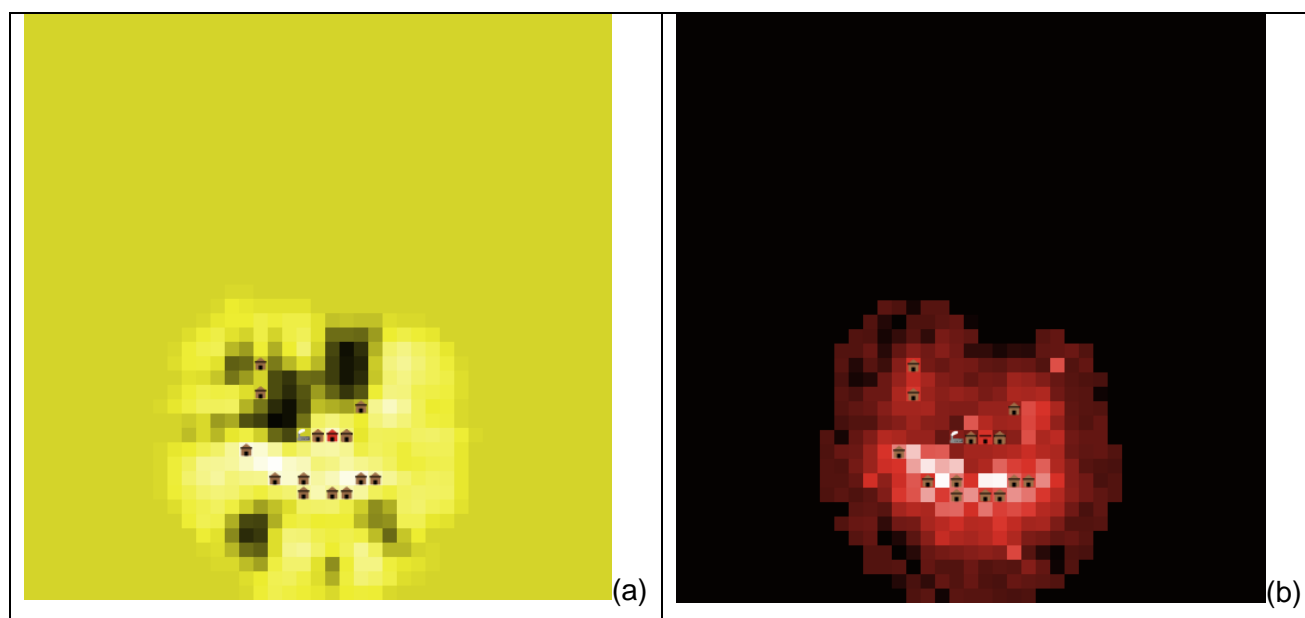
Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo

Les *riches-val* (Figure 3b) se concentrent sur le sommet de la forme urbaine, donc dans les beaux quartiers et les banlieues les plus huppées. Les *riches* (Figure 3a) se localisent dans les beaux quartiers, mais principalement en proche banlieue, créant ainsi des banlieues résidentielles huppées, du fait de la moindre contrainte que représente pour eux le coût de

transport : ils accèdent ainsi à de très grands logements. Les *pauvres-val* (Figure 3d) sont localisés également sur le sommet de la forme urbaine, mais sont progressivement chassés de ces sommets par les riches, du fait du renchérissement des loyers ; on les trouve donc également accrochés sur les versants de cette forme. Enfin, les *pauvres* (Figure 3c) sont localisés dans les cuvettes de la forme, ou dans des quartiers associés à une valeur positionnelle forte mais proches des emplois ; cette localisation se fait alors au détriment de la surface de logement occupée.

La deuxième simulation correspond à une ville dans laquelle se développe une économie de services. A l'exception de l'*usine* initiale, les seuls emplois seront des *services*. On obtient ici encore un espace différencié qualitativement par sa valeur positionnelle, avec une anisotropie différente de celle observée lors de la première simulation (Figure 4).

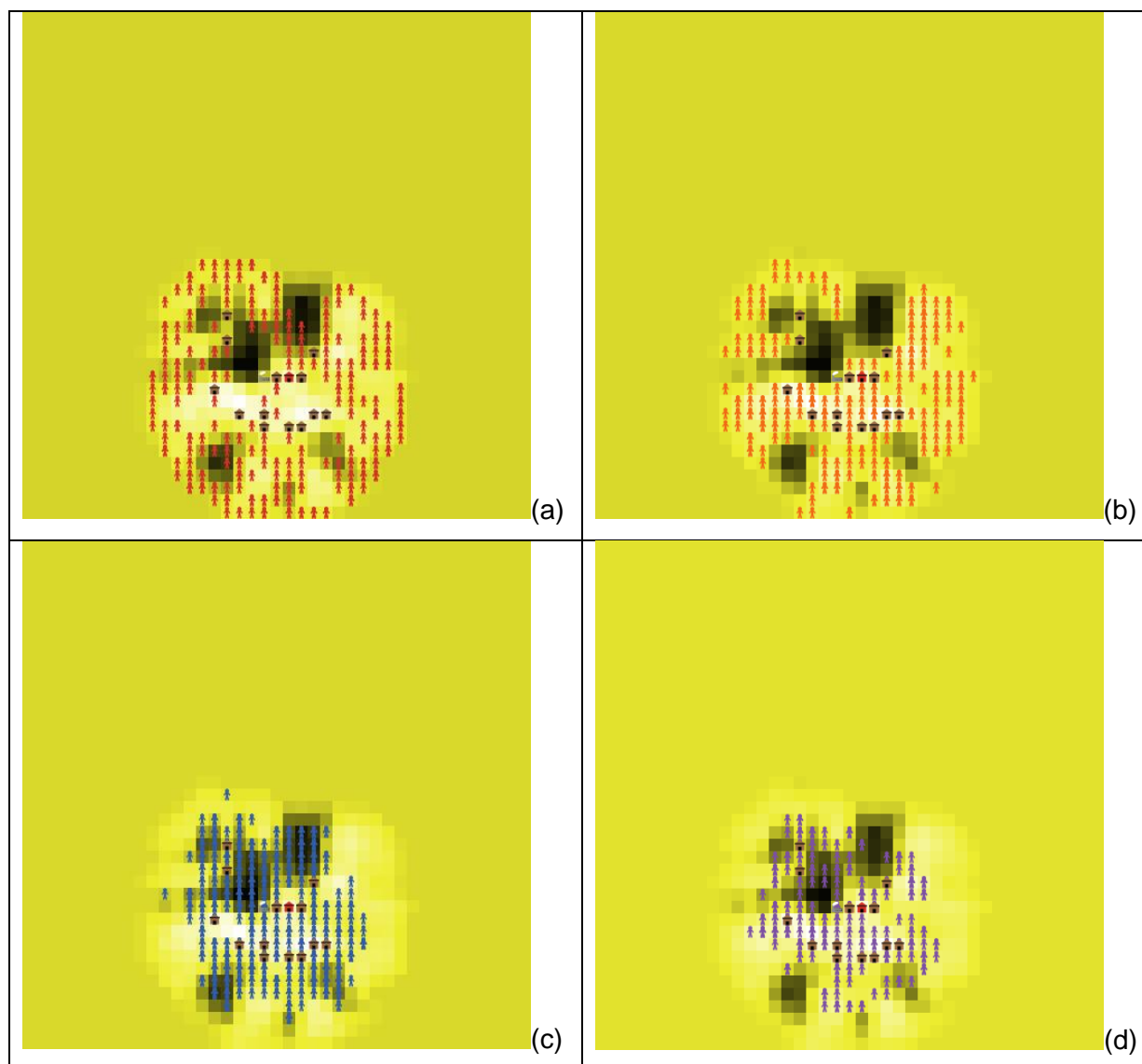
*Figure 4 : Valeurs positionnelles (a) et prix (b), correspondant aux niveaux abstrait et concret, simulés par le modèle à partir du noyau de la Figure 1 dans une ville comportant des services*



Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo

Dans ce deuxième scénario, on observe une différenciation des valeurs positionnelles (Figure 4a) qui ne prend plus la forme aussi nettement d'un point selle, mais fait apparaître au S un plateau en croissant de lune correspondant à des quartiers résidentiels qui se sont développés au voisinage du centre historique, présentant des prix très élevés (Figure 4b), et au NO un quartier de valeur positionnelle faible associé entourés de voisinages résidentiels suggérant des banlieues résidentielles à proximité du quartier d'affaire au NO.

Figure 5 : Localisation des quatre classes de population, représentées sur la carte des valeurs positionnelles : riches (a), riches-val (b), pauvres (c) et pauvres-val (d) dans une ville comportant des services



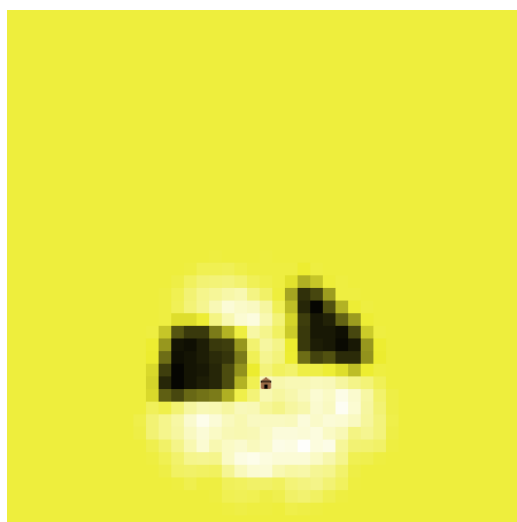
Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo

Les localisations des quatre catégories de résidents révèlent des *riches* (Figure 5b) plutôt localisés dans les belles banlieues tout autour de la ville sauf au NNE, des *riches-val* (Figure 5a) sur le sommet de la forme urbaine, de manière similaire au premier scénario (Figure 3). En revanche, les localisations des *pauvres* et des *pauvres-val* présentent des différences par rapport au premier scénario : si les *pauvres-val* (Figure 5d) sont toujours sur le sommet de la forme et accrochés aux versants, les *pauvres* (Figure 5c) ne parviennent pas tous à se localiser dans le creux de la forme, où les faibles loyers leur permettent d'obtenir des surfaces de logements satisfaisantes, et sont également localisés au S sur le versant sud du beau quartier, formant ainsi des banlieues résidentielles présentant un caractère de faubourg.

Dans les deux scénarios, on retrouve le collier de banlieues dorées prédit par le modèle D'ALONSO-MILLS-MUTH, Cependant, on n'observe pas l'effondrement du centre, et les gradients morphogénétiques en présence creusent dans les deux cas des talwegs qui coupent le collier de banlieues huppées.

Ajoutons pour conclure que l'anisotropie spatiale engendrée par le modèle ne provient pas uniquement de la localisation de l'emploi : dans le cas d'un troisième scénario strictement monocentrique, on obtient encore une forme urbaine anisotrope, quoique plus régulière (Figure 6).

*Figure 6 : Valeurs positionnelles d'une simulation dans un cadre strictement monocentrique : tout l'emploi est au centre du noyau de ville utilisé*



*Source : simulation de l'auteur avec la plateforme NetLogo*

## 5 CONCLUSION

Nous avons présenté dans cet article un nouveau modèle de morphogénèse urbaine et l'avons appliqué à deux scénarios de développement de villes à partir d'un même noyau initial : celui d'une économie associant industrie et service, et celui d'une économie orientée vers les services. Dans la version actuelle du modèle, les *services* et les *usines* se localisent de manière relativement naïve et l'essentiel de la modélisation porte sur les choix résidentiels des ménages, sous la forme d'une extension originale du modèle canonique de l'économie urbaine d'ALONSO, MILLS et MUTH.

Dans les deux cas, nous avons obtenu par simulation une différenciation qualitative des positions spatiales qui peut être interprétée comme la formation de différents quartiers urbains, et synthétise un ensemble d'aménités matérielles et immatérielles valorisées par les résidents dans leurs choix de localisation. Les gradients de prix obtenus sont conformes à ceux prédits par le modèle canonique de l'économie urbaine, et les choix de localisation reflètent ce que l'on observe généralement, faisant apparaître une ségrégation sociospatiale nette mais non totale.

Les différences entre les deux scénarios illustrent la capacité du modèle à simuler des gradients morphogénétiques différenciés et à produire des formes urbaines complexes. La prise en compte de la capacité de la forme urbaine à supporter les différents gradients, ou au contraire à faire apparaître des zones d'effondrements et de failles est une piste de développements ultérieurs qui permettra de simuler l'effet d'opérations de rénovations urbaines, de requalification de friches industrielles, ou encore à une plus petite échelle des équilibres entre communes dans le périurbain.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

AHLFELDT G M, 2008, If Alonso was Right: Residual Land Price, Accessibility and Urban Attraction, MPRA Paper No. 11707, University Library of Munich.

ALONSO W, 1964, *Location and use*, Cambridge, Harvard University Press.

ANAS A, KIM I, 1996, General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land Use with Endogenous Congestion and Job Agglomeration, *Journal of Urban Economics*, Elsevier, vol. 40(2), pages 232-256.

BRUECKNER J K, THISSE J-F, ZENOU Y, 1999, Why is central Paris rich and downtown Detroit poor?: An amenity-based theory, *European Economic Review*, Elsevier, vol. 43(1), pages 91-107.

DAVIS M, ORTALO-MAGNÉ F, 2011, Household Expenditures, Wages, Rents, *Review of Economic Dynamics*, Elsevier for the Society for Economic Dynamics, vol. 14(2), pages 248-261.

DESMARAIS G, RITCHOT G, 2000, *La géographie structurale*, Paris, L'Harmattan.

HUBERT J-P (1993) *La discontinuité critique*, Paris, Publications de la Sorbonne.

KAMMERER O, VITOUX, M-C, 2004, Villes frontières et frontières sociales : approche historique, *Bulletin de l'association de géographes français*, pages. 521-530

LAI F-C, TSAI J-F, 2008, Simplified Alonso-Mills-Muth Model with a Monopoly Vendor, *Journal of Urban Economics*, 63, issue 2, pages 536-543.

MILLS E, 1967, An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area, *American Economic Review*, 57, 197-210.

MUTH R, 1969, *Cities and Housing*, University of Chicago Press.

OGAWA H, FUJITA M, 1980, Equilibrium land use patterns in a nonmonocentric city, *Journal of Regional Science*, vol. 20, pages 455-475.

RITCHOT G, 1977, *Rapport d'étude sur le patrimoine immobilier*, Montréal, Centre de recherches et d'innovation urbaines.

SCHELLING T S, 1978, *Micromotives and macrobehavior*, New York, WW Norton and Co.

WILENSKY U, 1999, NetLogo, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

WHEATON W, 2004, Commuting, Congestion and Employment Dispersal in Cities with Mixed Land Use, *Journal of Urban Economics*, vol. 55(3), pages 417-439.